

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2002025571
PUBLICATION DATE : 25-01-02

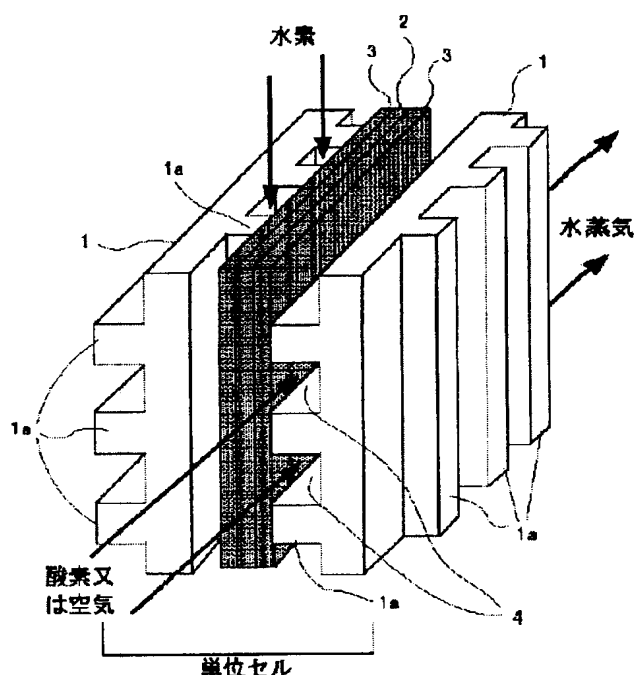
APPLICATION DATE : 06-07-00
APPLICATION NUMBER : 2000204728

APPLICANT : NISSHINBO IND INC;

INVENTOR : MIYAZAWA ATSUSHI;

INT.CL. : H01M 8/02 H01M 8/10 // H01M 8/00

TITLE : FUEL CELL SEPARATOR, ITS
MANUFACTURING METHOD, AND
SOLID HIGH POLYMER MOLECULE
FUEL CELL



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a highly efficient solid high polymer molecule fuel cell having a high gas sealing nature and an outstanding anti-impact nature, in which neither a cracking nor a fracture is generated in assembly, by using one part or all of a fuel cell separator, while enabling to mass-produce efficiently the quality fuel cell separator which has high elasticity, high conductivity, and outstanding gas impermeability.

SOLUTION: In the fuel cell separator which has a gas supply slot at one side or both sides formed with a composite for fuel cell separator composed of a conductive carbon powder and a binding material as principal components, the characteristics of the fuel cell separator and its manufacturing method, and the solid high polymer molecule fuel cell are that a total occupied area of the conductive carbon powder which has the maximum length of the long axis direction in the perpendicular section of the above fuel cell separator of 70 μm or more, and the maximum length of the short axis direction of 30 μm or more, is 50% or more of the area of the perpendicular section.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-25571

(P2002-25571A)

(43) 公開日 平成14年1月25日 (2002.1.25)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト (参考)
H 0 1 M 8/02		H 0 1 M 8/02	B 5 H 0 2 6
8/10		8/10	
// H 0 1 M 8/00		8/00	Z

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-204728 (P2000-204728)

(22) 出願日 平成12年7月6日 (2000.7.6)

(71) 出願人 000004374

日清紡績株式会社

東京都中央区日本橋人形町2丁目31番11号

(72) 発明者 斎藤 一夫

千葉県千葉市緑区大野台1-2-3 日清
紡績株式会社研究開発センター内

(72) 発明者 萩原 敦

千葉県千葉市緑区大野台1-2-3 日清
紡績株式会社研究開発センター内

(74) 代理人 100079304

弁理士 小島 隆司 (外1名)

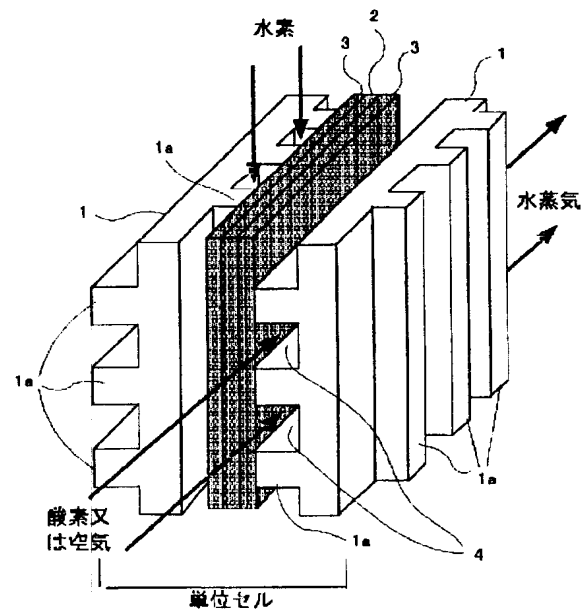
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池セパレータ、その製造方法及び固体高分子型燃料電池

(57) 【要約】

【解決手段】 導電性炭素粉末と結合材とを主成分とする燃料電池セパレータ用組成物を成形してなる片面又は両面にガス供給溝を有する燃料電池セパレータにおいて、上記燃料電池セパレータの垂直方向断面における長軸方向の最大長さが70 μ m以上であり、かつ短軸方向の最大長さが30 μ m以上である導電性炭素粉末の総占有面積が垂直方向断面の面積に対して50%以上であることを特徴とする燃料電池セパレータ及びその製造方法並びに固体高分子型燃料電池。

【効果】 本発明によれば、高い弾性、高導電性、優れたガス不透過性を有する高品質な燃料電池セパレータを効率よく、大量生産できると共に、この燃料電池セパレータを一部又は全部に用いることにより、組み立て時のヒビや割れの発生がなく、高いガスシール性と優れた耐衝撃性を有する高性能な固体高分子型燃料電池が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 導電性炭素粉末と結合材とを主成分とする燃料電池セパレータ用組成物を成形してなる片面又は両面にガス供給溝を有する燃料電池セパレータにおいて、上記燃料電池セパレータの垂直方向断面における長軸方向の最大長さが $50\mu\text{m}$ 以上であり、かつ短軸方向の最大長さが $30\mu\text{m}$ 以上である導電性炭素粉末の総占有面積が垂直方向断面積に対して50%以上であることを特徴とする燃料電池セパレータ。

【請求項2】 導電性炭素粉末と結合材とを主成分とする燃料電池セパレータ用組成物を成形してなる片面又は両面にガス供給溝を有する燃料電池セパレータにおいて、上記導電性炭素粉末100質量部に対して結合材を10～50質量部添加すると共に、上記導電性炭素粉末として平均粒径 $100\sim 500\mu\text{m}$ の球状乃至は塊状グラファイトを用い形成してなることを特徴とする燃料電池セパレータ。

【請求項3】 上記球状乃至は塊状グラファイトの嵩密度が $0.6\text{g}/\text{m}^3$ 以上である請求項2記載の燃料電池セパレータ。

【請求項4】 導電性炭素粉末と結合材とを主成分とする燃料電池セパレータ用組成物を成形してなる片面又は両面にガス供給溝を有する燃料電池セパレータにおいて、上記燃料電池セパレータの垂直方向断面における長軸方向の最大長さが $50\mu\text{m}$ 以上であり、かつ短軸方向の最大長さが $30\mu\text{m}$ 以上である導電性炭素粉末の総占有面積が垂直方向断面積に対して50%以上である請求項2又は3記載の燃料電池セパレータ。

【請求項5】 JIS H0602に準拠して測定した固有抵抗が $20\text{m}\Omega\cdot\text{cm}$ 以下である請求項1乃至4のいずれか1項記載の燃料電池セパレータ。

【請求項6】 導電性炭素粉末と結合材とを主成分とする燃料電池セパレータ用組成物を成形してなる片面又は両面にガス供給溝を有する燃料電池セパレータの製造方法において、上記導電性炭素粉末100質量部に対して結合材を10～50質量部添加混合した混合物を用いて射出成形することを特徴とする燃料電池セパレータの製造方法。

【請求項7】 上記導電性炭素粉末として平均粒径 $100\sim 500\mu\text{m}$ であり、かつ嵩密度が $0.6\text{g}/\text{m}^3$ 以上の球状乃至は塊状グラファイトを用いる請求項6記載の燃料電池セパレータの製造方法。

【請求項8】 固体高分子電解質膜を挟む一対の電極と、該電極を挟んでガス供給排出用流路を形成する一対のセパレータとから構成される単位セルを多数並設した構造を有する固体高分子型燃料電池において、上記燃料電池中の全セパレータの一部又は全部として請求項1乃至5のいずれか1項記載の燃料電池セパレータを用いたことを特徴とする固体高分子型燃料電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料電池セパレータ、その製造方法及び固体高分子型燃料電池に関し、更に詳述すると、高弾性、高導電性、優れた成形性を有する燃料電池セパレータ及びその製造方法、この燃料電池セパレータを一部又は全部に用いた高いガスシール性と優れた耐衝撃性を有し、特に自動車、ハイブリッドカー、小型船舶等の移動用電源として好適な固体高分子型燃料電池に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】燃料電池、特に固体高分子型燃料電池は、図1に示したように、左右両側面に複数個の凸部（リブ）1aを備えた2枚の燃料電池セパレータ1、1と、これらセパレータ間に固体高分子電解質膜2と、ガス拡散電極3とを介在させてなる単電池（単位セル）を数十個～数百個並設してなる電池本体（セルスタック）から構成されている。

【0003】上記燃料電池セパレータ1は、図2

(A)、(B)に示したように、薄肉の板状体の左右両側面に複数個の凸部（リブ）1aを突設し、片面又は両面にガス供給溝4を有する特異な形状を有しており、このセパレータの凸部1aと電極3との間で水素、酸素等の燃料ガスの供給排出用流路4を形成するため、燃料電池セパレータには高い弾性と優れた寸法精度を有することが要求されると共に、燃料電池セパレータ及び単位セル（燃料電池）には燃料ガスの漏れが生じない高いガスシール性を有すること、燃料電池に組み立て時のボルトとナットによる締め付けでセパレータに割れやヒビが生じないこと、特に自動車等の移動用電源として用いる場合には優れた耐衝撃性を有することが強く望まれている。

【0004】このため、(i)炭素質粉末100重量部に対し、熱硬化性樹脂を10～100重量部の割合で加えて均一に混練し、硬化して得られた固体高分子型燃料電池セパレータであって、上記炭素質粉末として最大粒子径 $125\mu\text{m}$ 以下の黒鉛粉末を用いたものが提案されている（特開平11-297337号公報）。また、

(ii)数平均粒径で $25\mu\text{m}$ 以上、好ましくは $25\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ の膨張黒鉛粒子を用いた燃料電池セパレータが提案されている（2000-100453号公報）。

【0005】しかしながら、上記従来の燃料電池のセパレータは、高フィラー含有材料であるため、射出充填することが困難であり、特に、上記(i)、(ii)ではグラファイトの粒径が小さいため、材料そのものの流動性が低下して射出成形時の成形性、機械的物性を十分満足することができないという問題がある。また、鱗片状グラファイトは、嵩密度が低いいため射出成形機のスクリーン内で材料が空回りして成形不能となるという問題がある。更に、比較的大径の嵩密度の大きいグラファイト

を用いても添加混練時又は射出成形時に崩れて小径となってしまうという問題がある。

【0006】一方、燃料電池は、単位セル当りから取り出せる電圧が低く、実用規模（～数100kW）の電池出力を得るためには、単位セルを数十個乃至数百個並設しなければならない。このため、部分的な厚みむらや歪みのない均一な形状の燃料電池セパレータを効率良く大量生産できることが切望されている。

【0007】しかしながら、従来のフェノール樹脂等の熱硬化性樹脂と黒鉛とを主成分とする燃料電池セパレータは、必要な導電性を付与するため黒鉛を多量に添加しているので流動性に欠け、射出成形を行うことは困難である。このため、燃料電池セパレータは、コンパウンドをセパレータ成形用金型内に投入し、150～160℃、14.7～29.4MPaで5～10分間熱圧成形することにより製造されているが、かかる圧縮成形法では成形時間が長くなり、低効率であると共に、大量生産には適さないものである。

【0008】本発明は、上記事情に鑑みなされたもので、高弾性、高導電性、優れたガス不透過性を有する高品質な燃料電池セパレータ、この燃料電池セパレータを効率よく、大量生産することが可能な燃料電池セパレータの製造方法、及び燃料電池を組み立てる際の締め付けにより燃料電池セパレータにヒビや割れの発生がなく、高いガスシール性と優れた耐衝撃性を備えた固体高分子型燃料電池を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段及び発明の実施の形態】本発明者は、上記目的を達成するため鋭意検討を重ねた結果、成形された燃料電池セパレータ中に嵩密度の大きい導電性炭素粉末が多く存在することが成形性、機械的強度、導電性を高める上で効果的であることを知見した。

【0010】即ち、導電性炭素粉末と結合材とを主成分とする燃料電池セパレータ用組成物を成形してなる片面又は両面にガス供給溝を有する燃料電池セパレータにおいて、上記導電性炭素粉末100質量部に対して結合材を10～50質量部添加すると共に、上記導電性炭素粉末として平均粒径100～500 μ mの球状乃至は塊状の嵩密度の大きいグラファイトを用いることにより、成形後の燃料電池セパレータの垂直方向断面における長軸方向の最大長さが50 μ m以上であり、かつ短軸方向の最大長さが30 μ m以上である導電性炭素粉末の総占有面積が垂直方向断面積に対して50%以上となり、高弾性かつ高い導電性、優れたガス不透過性を有する高品質な燃料電池セパレータが得られること、この燃料電池セパレータを一部又は全部に用いて燃料電池を組み立てる際に、ボルトとナットで締め付けてもセパレータに割れやヒビが生じることがなく、高いガスシール性と優れた耐衝撃性を有し、自動車、ハイブリッドカー、小型船舶等の移動用電源として最適な固体高分子型燃料電池が得

られることを見出し、本発明をなすに至った。

【0011】また、本発明によれば、導電性炭素粉末100質量部に対して結合材を10～50質量部添加混合した混合物を用いることにより、従来困難であった射出成形が可能となり、薄肉の板状体の片面又は両面にガス供給溝を有する特異な形状の燃料電池セパレータを効率よく、大量生産することが可能となり、製品の低コスト化を計ることができるものである。

【0012】従って、本発明は、下記の燃料電池セパレータ、その製造方法及び固体高分子型燃料電池を提供する。

請求項1：導電性炭素粉末と結合材とを主成分とする燃料電池セパレータ用組成物を成形してなる片面又は両面にガス供給溝を有する燃料電池セパレータにおいて、上記燃料電池セパレータの垂直方向断面における長軸方向の最大長さが50 μ m以上であり、かつ短軸方向の最大長さが30 μ m以上である導電性炭素粉末の総占有面積が垂直方向断面積に対して50%以上であることを特徴とする燃料電池セパレータ。

請求項2：導電性炭素粉末と結合材とを主成分とする燃料電池セパレータ用組成物を成形してなる片面又は両面にガス供給溝を有する燃料電池セパレータにおいて、上記導電性炭素粉末100質量部に対して結合材を10～50質量部添加すると共に、上記導電性炭素粉末として平均粒径100～500 μ mの球状乃至は塊状グラファイトを用い形成してなることを特徴とする燃料電池セパレータ。

請求項3：上記球状乃至は塊状グラファイトの嵩密度が0.6g/cm³以上である請求項2記載の燃料電池セパレータ。

請求項4：導電性炭素粉末と結合材とを主成分とする燃料電池セパレータ用組成物を成形してなる片面又は両面にガス供給溝を有する燃料電池セパレータにおいて、上記燃料電池セパレータの垂直方向断面における長軸方向の最大長さが50 μ m以上であり、かつ短軸方向の最大長さが30 μ m以上である導電性炭素粉末の総占有面積が垂直方向断面積に対して50%以上である請求項2又は3記載の燃料電池セパレータ。

請求項5：JIS H0602に準拠して測定した固有抵抗が20m Ω ・cm以下である請求項1乃至4のいずれか1項記載の燃料電池セパレータ。

請求項6：導電性炭素粉末と結合材とを主成分とする燃料電池セパレータ用組成物を成形してなる片面又は両面にガス供給溝を有する燃料電池セパレータの製造方法において、上記導電性炭素粉末100質量部に対して結合材を10～50質量部添加混合した混合物を用いて射出成形することを特徴とする燃料電池セパレータの製造方法。

請求項7：上記導電性炭素粉末として平均粒径100～500 μ mであり、かつ嵩密度が0.6g/cm³以上の

球状乃至は塊状グラファイトを用いる請求項6記載の燃料電池セパレータの製造方法。

請求項8：固体高分子電解質膜を挟む一対の電極と、該電極を挟んでガス供給排出用流路を形成する一対のセパレータとから構成される単位セルを多数並設した構造を有する固体高分子型燃料電池において、上記燃料電池中の全セパレータの一部又は全部として請求項1乃至5のいずれか1項記載の燃料電池セパレータを用いたことを特徴とする固体高分子型燃料電池。

【0013】以下、本発明について更に詳しく説明する。本発明の燃料電池セパレータは、導電性炭素粉末と結合材とを主成分とする燃料電池セパレータ用組成物を成形してなる片面又は両面にガス供給溝を有し、この燃料電池セパレータの垂直方向断面における長軸方向の最大長さが $50\mu\text{m}$ 以上であり、かつ短軸方向の最大長さが $30\mu\text{m}$ 以上である導電性炭素粉末の総占有面積が垂直方向断面に対して50%以上であることを特徴とし、これにより機械的強度、導電性、ガス不透過性が向上するものである。

【0014】この場合、燃料電池セパレータとしては、図2(A)、(B)に示したような長さ $120\text{mm} \times$ 幅 $120\text{mm} \times$ 厚み 2.3mm の片面又は両面にガス供給溝を有する平板状のセパレータを用い、この燃料電池セパレータの任意の垂直方向(厚さ方向)の断面をデジタルCCDカメラを取り付けた顕微鏡で観察した(カールツァイス株式会社製 アキシオスコープ2)。例えば参考写真1、2に示したようなデジタル写真($\times 200$)が得られ、写真中で白色に見える部分がグラファイト粒である。なお、倍率は $50 \sim 500$ 倍、好ましくは $50 \sim 200$ 倍である。

【0015】得られたデジタル写真中において、不規則に並んでいる不定形状のグラファイト粒の大きさ及びその占有面積を求める。この場合、図3に示したように、長軸方向と短軸方向の最大となる長さを求め、長軸方向の最大長さが $50\mu\text{m}$ 以上であり、かつ短軸方向の最大長さが $30\mu\text{m}$ 以上であるグラファイトを選び出し、そのグラファイトの近似面積を(長軸方向最大長さ \times 短軸方向最大長さ)から求めることができる。なお、長軸方向最大長さは、グラファイト粒の中心を通過した長さでなくともよく、最も長い線分を引きこれを長軸方向最大長さとしてとることができる。また長軸最大長さの線分と垂直な線のうち最も長い線分を短軸方向最大長さとしてとることができる。また、グラファイト粒中に穴(空孔)が存在しても全体として一つにまとまっている場合は1粒のグラファイトとした。更に非常に複雑な形状のグラファイト粒はいくつか分割して面積を求めることもできる。

【0016】具体的には、図3に示した垂直断面の概略図における、グラファイトの近似面積の総和 $S1$ は $(a1 \times b1) + (a2 \times b2) + (a3 \times b3) + (a4$

$\times b4) \dots$ から求めることができる。このグラファイトの総占有面積 $S1$ と垂直方向断面積 $S2$ (図3では $x \times y = S2$)とから、 $(S1/S2) \times 100$ より垂直方向断面中のグラファイトの占有面積率を算出することができる。

【0017】このようにして垂直方向断面における長軸方向の最大長さが $50\mu\text{m}$ 以上、好ましくは $70\mu\text{m}$ 以上であり、かつ短軸方向の最大長さが $30\mu\text{m}$ 以上、好ましくは $50\mu\text{m}$ 以上であるグラファイトの占有面積率が50%以上、好ましくは50~80%、より好ましくは55~75%、更に好ましくは60~75%である。グラファイトの占有面積率が小さすぎると固有抵抗が大きくなり、燃料電池セパレータとしての物性を満足し得なくなる。一方、大きすぎると燃料電池セパレータの機械的強度の低下が著しくなる。

【0018】このような燃料電池セパレータは、(A)導電性炭素粉末と(B)結合材とを主成分とする燃料電池セパレータ用組成物を成形することにより得ることができる。

【0019】ここで、上記(A)成分の導電性炭素粉末としては、天然に産出したものであっても人工的に製造したものであってもよく、カーボンブラック、ケッチェンブラック、アセチレンブラック、カーボンウイスキー、黒鉛などが挙げられ、これらの1種を単独で又は2種以上を組み合わせて用いることができる。これらの中でも、特に黒鉛が好ましい。

【0020】この場合、黒鉛としては、球状乃至は塊状グラファイトを用いる。鱗片状グラファイトでは成形体にフローマーク又はウェルドラインなどの成形不良が生じ易く、また、クラックを生じる場合があり、更に嵩密度が小さいため射出成形機のスクリーンが空回りして射出成形不能となる場合がある。この球状乃至は塊状グラファイトのJIS K6891-1995に準拠して測定した嵩密度は $0.6\text{g}/\text{ml}$ 以上、好ましくは $0.7\text{g}/\text{ml}$ 以上、より好ましくは $0.7 \sim 1.2\text{g}/\text{ml}$ 、更に好ましくは $0.7 \sim 1.0\text{g}/\text{ml}$ である。嵩密度が小さすぎると上述した不具合が生じて成形性が低下する場合がある。

【0021】導電性炭素粉末の平均粒径は $100 \sim 500\mu\text{m}$ であり、好ましくは $150 \sim 450\mu\text{m}$ 、より好ましくは $150 \sim 400\mu\text{m}$ である。導電性炭素粉末の平均粒径が小さすぎると組成物の流動性が低下し、射出成形時の充填が困難となり、導電性が低下する場合がある。一方、導電性炭素粉末の平均粒径が大きすぎると成形したセパレータの機械的強度が低下し、薄肉製品においてガス遮蔽性に問題が生じる場合がある。

【0022】上記(B)成分の結合材としては、特に制限されず、熱硬化性樹脂又は熱硬化性樹脂を用いることができる。熱硬化性樹脂としては、例えばレゾールタイプのフェノール樹脂、ノボラックタイプのフェノール樹

脂に代表されるフェノール系樹脂、フルフリルアルコール樹脂、フルフリルアルコールフルフラール樹脂、フルフリルアルコールフェノール樹脂などのフラン系樹脂、ポリイミド樹脂、ポリカルボジイミド樹脂、ポリアクリロニトリル樹脂、ピレン-フェナントレン樹脂、ポリ塩化ビニル樹脂、エポキシ樹脂、ユリア樹脂、ジアリルフタレート樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、メラミン樹脂などが挙げられ、これらの1種を単独で又は2種以上を組み合わせ用いることができる。

【0023】また、熱可塑性樹脂としては、アクリロニトリルブタジエンスチレン (ABS) 樹脂、アクリロニトリルスチレン共重合体 (AS)、耐衝撃性ポリスチレン (HIPS)、ポリスチレン (PS)、メチルメタクリレートブタジエンスチレン共重合体 (MBS)、メタクリル酸メチル-スチレン共重合体 (MS)、アクリロニトリルエチレンプロピレンゴムスチレン共重合体 (AES)、アクリロニトリルスチレンアクリレート (AAS) 等のスチレン系樹脂、ポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP)、ポリブテン-1、エチレン酢酸ビニル共重合体 (EVA)、エチレンビニルアルコール共重合体 (EVOH) 等のポリオレフィン系樹脂、ポリアミド樹脂、熱可塑性ポリエステル樹脂、ポリカーボネート (PC) 系樹脂、全芳香族ポリエステル樹脂、ポリフェニレンスルフィド (PPS)、塩化ビニル系樹脂 (PVC)、ポリサルホン樹脂、ポリエーテルエーテルケトン樹脂、(変性)ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリオキシメチレン (POM)、ポリメタクリル酸メチル (アクリル) (PMMA)、フッ素樹脂、ポリケトン (PK)、ノルボルネン、ポリアミドイミド (PAI)、ポリフタルアミド (PPA) などが挙げられ、これらの1種を単独で又は2種以上を混合して用いることができる。

【0024】この (B) 成分の結合材の添加量は、(A) 成分の導電性炭素粉末100質量部に対して10～50質量部であり、好ましくは10～40質量部、より好ましくは15～30質量部である。(B) 成分の結合材の添加量が少なすぎると成形材料 (原料混合物) の流動性が低くなり、射出成形をすることが困難となり、一方、多すぎると導電性炭素粉末含有量の増加を計ることができず、導電性が低下して本発明の目的を達成することができない。

【0025】また、本発明の燃料電池セパレータ用組成物には、上記 (A)、(B) 成分以外にも、強度、離型性、耐加水分解性、導電性等の向上を目的として繊維基材、離型剤、金属粉末、耐加水分解剤などを必要に応じて添加することができる。

【0026】上記繊維基材としては、例えば鉄、銅、真鍮、青銅、アルミニウム等の金属繊維、セラミック繊維、チタン酸カリウム繊維、ガラス繊維、炭素繊維、ロックウール、ウオラストナイト、セピオライト、アタパ

ルジャイト、人工鉱物質繊維等の無機質繊維、アラミド繊維、ポリイミド繊維、ポリアミド繊維、フェノール繊維、セルロース、アクリル繊維等の有機質繊維などが挙げられ、これらの1種を単独で又は2種以上を組み合わせ用いることができる。この場合、繊維基材の配合量は (A) 成分の導電性炭素粉末100質量部に対して0～10質量部である。

【0027】離型剤としては、特に制限されず、シリコーン系離型剤、フッ素系離型剤、脂肪酸金属系離型剤、アミド系離型剤、ワックス系離型剤などが挙げられ、特にカルナバワックス、ステアリン酸、モンタン酸等の内部離型剤が用いられる。この場合、離型剤の配合量は (A) 成分の導電性炭素粉末100質量部に対して0～3質量部である。

【0028】金属粉末としては、ステンレス、金、銀、銅、白金、チタン、アルミニウム、ニッケル等を用いることができる。この場合、金属粉末の平均粒径は通常5～30 μ mである。

【0029】次に、本発明の片面又は両面にガス供給溝を有する燃料電池セパレータの製造方法は、(A) 導電性炭素粉末100質量部に対して (B) 結合材を10～50質量部添加混合した混合物を用いて射出成形するものであり、この場合特に、上記導電性炭素粉末として平均粒径100～500 μ mであり、かつ嵩密度が0.6 g/cm³以上の球状乃至は塊状グラファイトを用いることが好ましい。

【0030】本発明の製造方法において、上記成形材料 (原料混合物) は、予め単軸又は二軸或いはこれらに特殊な機構を組み合わせた混練押出し機で混練し、ペレット化する方法、又は汎用ミキサーを用いて混合し、乾燥する方法などを採用することができる。この際、導電性炭素粉末の粒径をできるだけ崩さないようにするため、特にミキサーによる混合が好ましい。

【0031】得られる混合物又はペレットを射出成形機に投入して射出成形を行う。具体的な射出成形の条件は、射出成形機、結合材の種類、配合量等により異なり一概には規定できないが、下記の通りであることが好ましい。

シリンダ温度 (シリンダ前筒部) : 50～100℃
 射出圧力 : 8～20 MPa
 射出時間 : 5～15秒
 金型温度 : 140～200℃
 硬化時間 : 15～200秒

【0032】なお、本発明の燃料電池セパレータの製造方法は、射出成形だけでなく、圧縮成形、射出一圧縮成形、トランスファー成形、押出成形、静水圧成形、ベルトプレス、ロール成形等の従来公知の成形方法から選ばれる1種又は2種以上の成形方法を組み合わせることにより行うことができる。

【0033】本発明の製造方法によれば、嵩密度の大き

い導電性炭素粉末を用いているので射出成形機のスクリーへの安定投入可能となり、高充填でき、図2

(A)、(B)に示したような片面又は両面にガス供給溝を有する特異な形状を有する燃料電池セパレータを射出成形することが可能となり、生産効率が飛躍的に向上し、大量生産できるものである。

【0034】このようにして得られる燃料電池セパレータは、JIS H0602のシリコン単結晶及びシリコンウェーハの4探針法による抵抗率測定方法に準拠して測定した固有抵抗が $20\text{m}\Omega\cdot\text{cm}$ 以下、好ましくは $15\text{m}\Omega\cdot\text{cm}$ 以下、より好ましくは $2\sim 15\text{m}\Omega\cdot\text{cm}$ である。

【0035】また、本発明の燃料電池セパレータは、JIS K6911の「熱硬化性プラスチック一般試験方法」に基づき、燃料電池セパレータ用組成物で $100\text{mm}\times 10\text{mm}\times 4\text{mm}$ の試験片を作成した場合の曲げ強度が好ましくは $20\sim 80\text{MPa}$ 、より好ましくは $25\sim 60\text{MPa}$ である。曲げ弾性率が好ましくは $1\sim 15\text{GPa}$ 、より好ましくは $2\sim 10\text{GPa}$ である。歪みは好ましくは $2\sim 15\text{mm}$ 、より好ましくは $3\sim 12\text{mm}$ である。

【0036】更に、本発明の燃料電池セパレータは、JIS K7126の「プラスチックフィルムのガス透過度評価方法」のB法(等圧法)に準じて、燃料電池セパレータ用組成物から 2mm 厚の 100 の試験片を作製し、 23°C での N_2 ガス透過度を測定した結果、 $20\text{ml}/\text{m}^2\cdot 24\text{hr}\cdot\text{atm}$ 以下であり、好ましくは $2\sim 20\text{ml}/\text{m}^2\cdot 24\text{hr}\cdot\text{atm}$ 、より好ましくは $5\sim 15\text{ml}/\text{m}^2\cdot 24\text{hr}\cdot\text{atm}$ である。

【0037】次に、本発明の固体高分子型燃料電池は、固体高分子電解質膜を挟む一対の電極と、該電極を挟んでガス供給排出用流路を形成する一対のセパレータとから構成される単位セルを多数並設した構造を備えてなり、この燃料電池中のセパレータの一部又は全部として上記本発明の燃料電池セパレータを用いたものである。

【0038】この場合、固体高分子型燃料電池は、図1に示したように、固体高分子電解質膜2よりなる電解質層の二つの面にそれぞれ燃料電極3と酸化剤電極3とを密着して配してなる燃料電池セルと、燃料電池セルの燃料電極側の側面に配された複数の燃料ガス用流路4と、マニホールドを有する一対の本発明の燃料電池セパレータ1、1と、燃料電池セルの酸化剤電極側の側面に配された複数の酸化剤ガス用流路及びマニホールドを有する本発明のセパレータを、それぞれ、燃料電池側と酸化剤電極側に密着させてなる単電池を組み立てる。

【0039】そして、この単電池を複数個直列に積層し、その両端に電気絶縁用の絶縁板を介在させて締付板を配設して加圧保持し、一方の燃料電極に燃料ガスを、他方の酸化剤電極に酸化剤ガスを供給して直流電流を得るようにして発電運転が行われる。

【0040】本発明の燃料電池は、その燃料電池の全セパレータの一部又は全部として上記本発明の高弾性及び優れたガス不透過性の燃料電池セパレータを用いるものである。具体的には、燃料電池中の全セパレータの 50% 以上、好ましくは $50\sim 100\%$ 、より好ましくは $70\sim 100\%$ 、更に好ましくは $80\sim 100\%$ が本発明の燃料電池セパレータであることが好ましい。燃料電池中の全セパレータに占める本発明の燃料電池セパレータの割合が少なすぎると、燃料電池に組み立てる際のボルトとナットによる締め付けでセパレータにヒビや割れが生じ、ガスシール性及び耐衝撃性が低下し、本発明の目的及び作用効果を達成できなくなる場合がある。なお、本発明燃料電池セパレータ以外のセパレータとしては燃料電池に普通に用いられているセパレータを用いることができる。

【0041】ここで、上記固体高分子電解質膜としては、固体高分子型燃料電池に普通に用いられているものを使用することができる。例えばフッ素系樹脂により形成されたプロトン伝導性のイオン交換膜であるポリトリフルオロスチレンスルホン酸、パーフルオロカーボンスルホン酸(商品名:Nafion)などを用いることができる。この電解質膜の表面には、触媒としての白金又は白金と他の金属からなる合金を担持したカーボン粉を調製し、この触媒を担持したカーボン粉をパーフルオロカーボンスルホン酸を含む低級脂肪酸族アルコールと水の混合溶液(Nafion117溶液)等の有機溶剤に分散させたペーストを塗布している。

【0042】上記固体高分子電解質膜を挟む一対の電極としては、カーボンペーパー、カーボンフェルト、炭素繊維からなる糸で織成したカーボンクロスなどにより形成することができる。

【0043】これら電解質膜及び電極は、一対の電極の間に電解質膜を介在させ、 $120\sim 130^\circ\text{C}$ で熱圧着することにより一体化する。なお、接着剤を用いて電解質膜と一対の電極とを接合して一体化することもできる。

【0044】このようにして一体化された電解質膜及び電極を一対のセパレータの間に燃料ガスを供給排出可能な流路を形成するように取り付けて、単位セルが得られる。この場合、セパレータの電極と接する部分(リブ)に接着剤を塗布して取り付ける方法などを採用することができる。

【0045】本発明の固体高分子型燃料電池は、この燃料電池中の全セパレータの一部(好ましくは 50% 以上)又は全部として高弾性及び優れたガス不透過性を有する本発明の燃料電池セパレータを用いることにより、組み立て時の締め付けによりセパレータに割れやヒビが生じることがなく、高いガスシール性及び優れた耐衝撃性を有するので、特に自動車、ハイブリッドカー、小型船舶等の移動電源として好適なものである。

【0046】なお、本発明の固体高分子型燃料電池は、

自動車、ハイブリッドカー、小型船舶等の移動用電源以外にも、小規模地域発電、家庭用発電、キャンプ場等での簡易電源、人工衛星、宇宙開発用電源等の各種用途に幅広く用いることができるものである。

【0047】

【発明の効果】本発明によれば、高い弾性、高導電性、優れたガス不透過性を有する高品質な燃料電池セパレータを効率よく、大量生産できると共に、この燃料電池セパレータを一部又は全部に用いることにより、組み立て時のヒビや割れの発生がなく、高いガスシール性と優れた耐衝撃性を有する高性能な固体高分子型燃料電池が得られる。

【0048】

【実施例】以下、実施例及び比較例を示し、本発明を具体的に説明するが、本発明は下記実施例に制限されるものではない。なお、表1中の各成分の配合量はいずれも質量部である。

【0049】〔実施例1、2、比較例1～4〕表1の組成を汎用ミキサーで混合し、乾燥し混合材料を得た。得られた混合材料を射出成形機（松田製作所製 100F-45K）を用いて下記条件で射出成形を行い、長さ120mm、幅120mm、厚み2.3mmの図2（A）に示したような両面にガス供給溝4を有する燃料電池セパレータを作成した。なお、比較例1、4は材料が射出成形機のスクリュウ内で空回りしてしまい、シリンダ内まで入らないか、或いは材料がシリンダ内に入ったとしてもスクリュウの中央部でスリップ現象が生じて先端部まで運ぶことができず、成形不能であった。

<成形条件>

シリンダ温度（シリンダ前筒部）：65℃

射出圧力：10～15MPa

射出時間：5～15秒

金型温度：160～165℃

硬化時間：90～120秒

【0050】得られたセパレータについて成形性、ガス不透過性及び垂直断面におけるグラファイトの占有面積率を求めた。結果を表1に示す。また、参考写真1に実施例2のセパレータの垂直方向断面写真（×200）を、参考写真2に比較例2のセパレータの垂直方向断面写真（×200）をそれぞれ示す。

成形性

○：良好

△：やや劣る

×：不良

ガス不透過性

JIS K 7126の「プラスチックフィルムのガス透過度評価方法」のB法（等圧法）に準じて、セパレータから切り出した2mm厚φ100の試験片の23℃におけるN₂ガス透過度（ml/m²・24hr・atm）を測定し、下記基準で評価した。

○：20未満

△：20～10³

×：10³超

グラファイトの占有面積率

セパレータの任意の垂直方向（厚さ方向）の断面をデジタルCCDカメラを取り付けた顕微鏡（カールツァイス株式会社製アキシオスコープ2）で200倍で観察し、上記同様の方法により、垂直方向断面における長軸方向の最大長さが50μm以上であり、かつ短軸方向の最大長さが30μm以上であるグラファイトの占有面積率を求めた。なお、比較例1、4は成形不能であるため、占有面積率を求めることができなかった。また、比較例2、3は成形することはできたが、均一な性状のセパレータは得られず、求めたグラファイトの占有面積率も不正確なものであった。

【0051】次に、表1の組成物を上記同様の条件で射出成形して100mm×10mm×4mmの試験片を作成した。得られた試験片について下記方法により、曲げ強度、曲げ弾性率、歪み及び固有抵抗を測定した。結果を表1に示す。

曲げ強度、曲げ弾性率、歪み

JIS K 6911の熱硬化性プラスチックの一般試験法に準じて測定した。

固有抵抗

JIS H 0602のシリコン単結晶及びシリコンウェーハの4探針法による抵抗率測定方法に準拠して固有抵抗を測定した。

【0052】

【表1】

	実 施 例		比 較 例			
	1	2	1	2	3	4
グラファイトA	100	-	-	-	-	-
グラファイトB	-	100	-	-	-	-
グラファイトC	-	-	100	-	-	-
グラファイトD	-	-	-	100	-	-
グラファイトE	-	-	-	-	100	-
グラファイトF	-	-	-	-	-	100
フェノール樹脂*1	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6
離型剤*2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
グラファイトの占有面積率(%)	71	65	-	62	-	-
ガス不透透性	○	○	-	×	×	-
成形性	○	○	×	△	△	×
固有抵抗($\text{m}\Omega\cdot\text{cm}$)	12	13	-	18	20	-
曲げ強度(MPa)	42	46	-	39	50	-
曲げ弾性率(GPa)	42	40	-	43	49	-
歪み(mm)	0.6	0.6	-	0.7	0.6	-

グラファイトA：塊状、平均粒径 $250\sim 425\mu\text{m}$ 、
高密度 $0.9\text{g}/\text{ml}$

グラファイトB：塊状、平均粒径 $180\sim 250\mu\text{m}$ 、
高密度 $0.8\text{g}/\text{ml}$

グラファイトC：塊状、平均粒径 $60\mu\text{m}$ 、高密度 $0.58\text{g}/\text{ml}$

グラファイトD：鱗片状、平均粒径 $425\mu\text{m}$ 、高密度 $0.5\text{g}/\text{ml}$

グラファイトE：鱗片状、平均粒径 $30\mu\text{m}$ 、高密度 $0.3\text{g}/\text{ml}$

グラファイトF：鱗片状、平均粒径 $10\mu\text{m}$ 、高密度 $0.23\text{g}/\text{ml}$

なお、グラファイトの嵩密度はJIS K6891-1
995に準拠して測定した。

*1：レゾール型フェノール樹脂 商品名PL-480
4（群栄化学工業株式会社製）

*2：ステアリン酸亜鉛

【0053】〔実施例3〕 固体高分子型燃料電池 (1)

固体高分子電解質膜（商品名：Nafion）を挟む一
対の電極としてカーボンペーパー（株式会社ケミックス
製）を用いた。これらを常法により接合して一体化電極
を作成した。この一体化電極を実施例1で作成した一対
の燃料電池セパレータで挟んで燃料ガス供給排出用流路
を有する単位セルを得た。この単位セルを50個並設
し、ボルトとナットで締め付けて燃料電池を組み立て
た。この際ボルトとナットで締め付けによりセパレータ
にワレやヒビが生じることはなかった。

【0054】得られた燃料電池は、充放電可能であり、
燃料電池として有効に機能することが認められた。ま
た、組み立てた燃料電池について車載を想定した振動及
び衝撃を1000回加えたところ、セパレータに破損は
見られなかった。

【0055】〔実施例4〕 固体高分子型燃料電池 (2)

固体高分子電解質膜（商品名：Nafion）を挟む一
対の電極としてカーボンペーパー（株式会社ケミックス
製）を用いた。これらを常法により接合して一体化電極
を作成した。この一体化電極を実施例2で作成した一対
の燃料電池セパレータで挟んで燃料ガス供給排出用流路
を有する単位セルを得た。この単位セルを100個並設
し、ボルトとナットで締め付けて燃料電池を組み立て
た。この際ボルトとナットで締め付けによりセパレータ
にワレやヒビが生じることはなかった。

【0056】得られた燃料電池は、充放電可能であり、
燃料電池として有効に機能することが認められた。ま
た、組み立てた燃料電池について車載を想定した振動及
び衝撃を1000回加えたところ、セパレータに破損は
見られなかった。

【図面の簡単な説明】

【図1】燃料電池の一例を示した斜視図である。

【図2】本発明の一実施例にかかる燃料電池セパレータ
の斜視図である。

【図3】セパレータの垂直断面の概略図である。

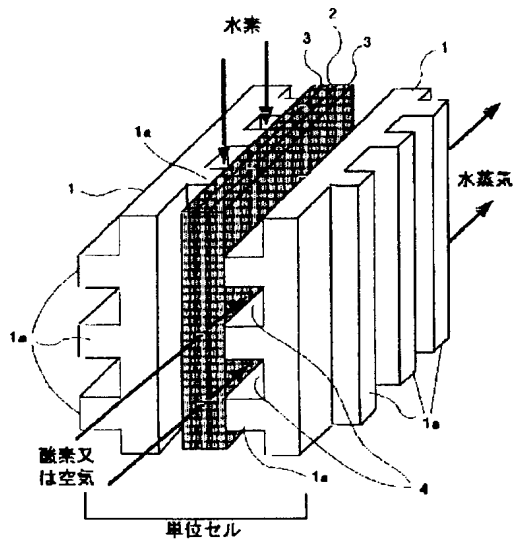
【符号の説明】

1 セパレータ

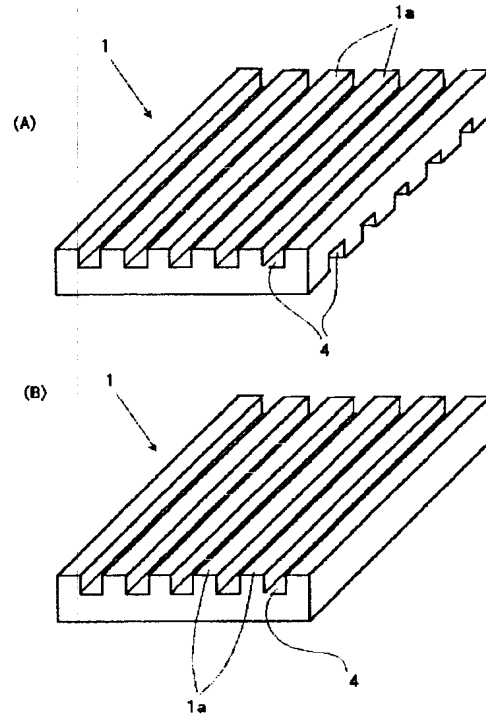
- 1 a リブ
2 固体高分子電解質膜

- 3 ガス拡散電極
4 ガス供給溝 (流路)

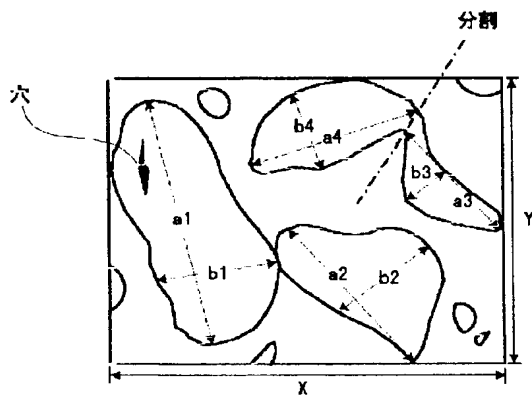
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 宮澤 篤史
千葉県千葉市緑区大野台1-2-3 日清
紡績株式会社研究開発センター内

Fターム(参考) 5H026 AA06 BB00 BB08 CC03 EE06
HH01 HH05 HH06



US 20030031912A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication**

Saito et al.

(10) **Pub. No.: US 2003/0031912 A1**(43) **Pub. Date: Feb. 13, 2003**(54) **FUEL CELL SEPARATOR, PROCESS FOR PRODUCTION THEREOF, AND POLYMER ELECTROLYTE FUEL CELL**(76) **Inventors: Kazuo Saito, Chiba-shi (JP); Atsushi Hagiwara, Chiba-shi (JP); Atsushi Miyazawa, Chiba-shi (JP)**

Correspondence Address:

**BIRCH STEWART KOLASCH & BIRCH
PO BOX 747
FALLS CHURCH, VA 22040-0747 (US)**(21) **Appl. No.: 09/899,107**(22) **Filed: Jul. 6, 2001**(30) **Foreign Application Priority Data**

Jul. 6, 2000 (JP) 2000-204728

Publication Classification(51) **Int. Cl.⁷ H01M 8/02; H01M 8/10; B29C 69/00**(52) **U.S. Cl. 429/34; 429/32; 264/241**(57) **ABSTRACT**

Disclosed herein are a fuel cell separator having gas supply grooves on one side or both sides thereof which is molded from a composition composed mainly of an electrically conductive carbon powder and a binding agent, wherein the electrically conductive carbon powder is present such that its particles longer than 70 μm at maximum in the major axis direction and longer than 30 μm at maximum in the minor axis direction along the vertical cross section of the fuel cell separator occupy more than 50% of the sectional area in the vertical direction, a process for production of the separator, and a polymer electrolyte fuel cell.

The present invention permits efficient mass production of high-quality fuel cell separators having high elasticity, high electrical conductivity, and good gas impermeability. The polymer electrolyte fuel cell in which all or part of the separators are those which pertain to the present invention exhibits good gas seal performance and good impact resistance without possibility of separators cracking at the time of assembling.

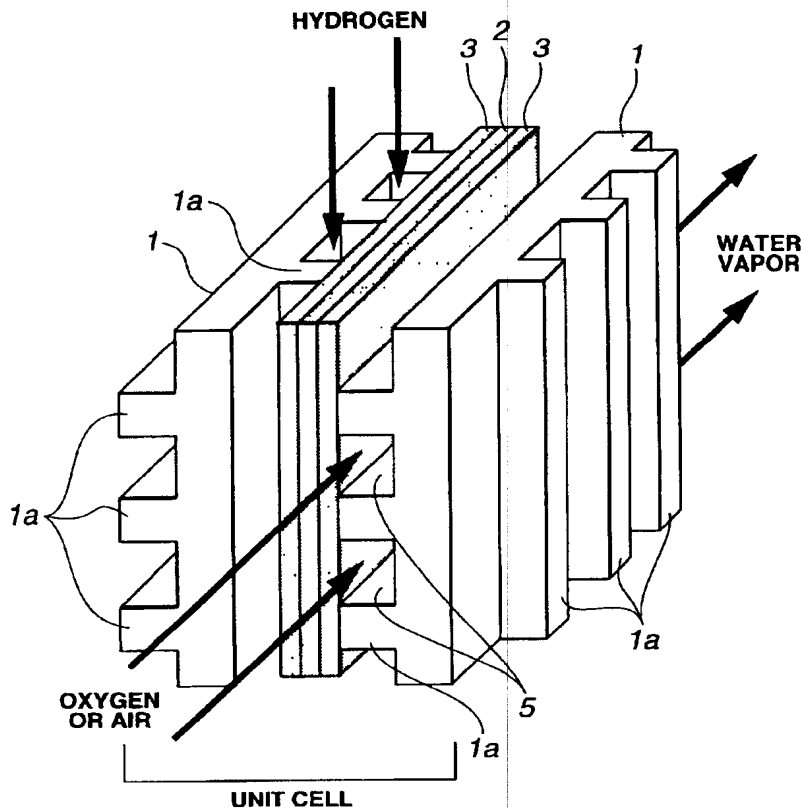


FIG. 1

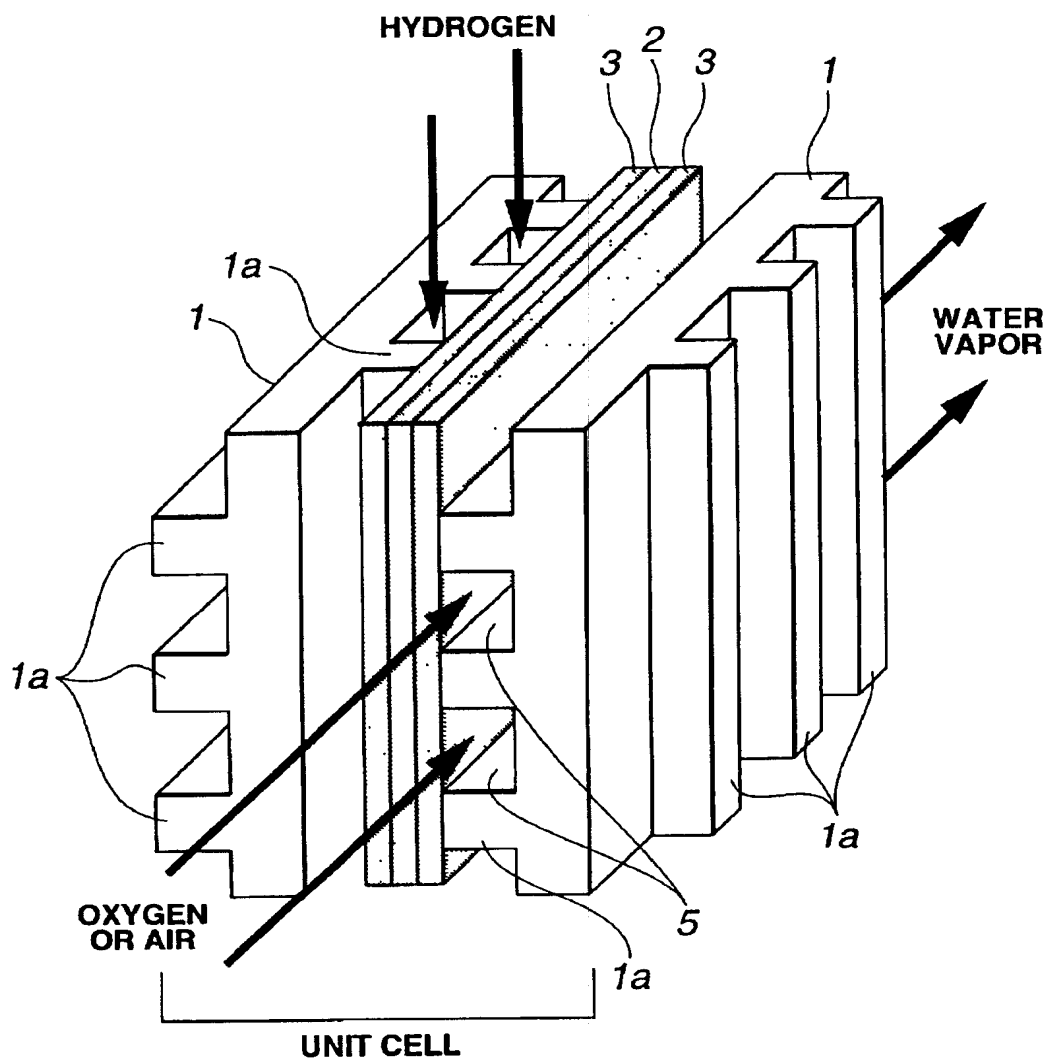


FIG.2A

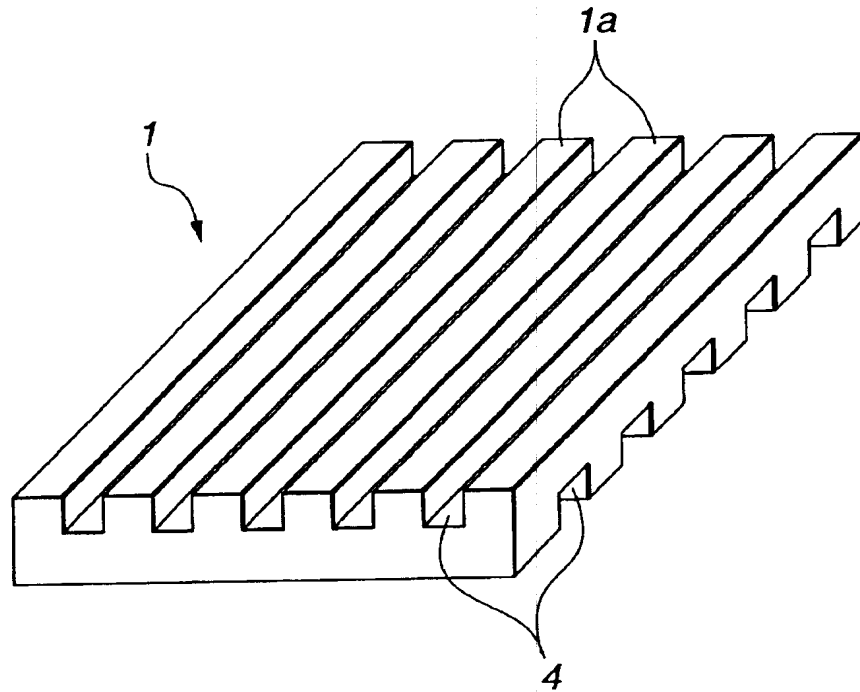


FIG.2B

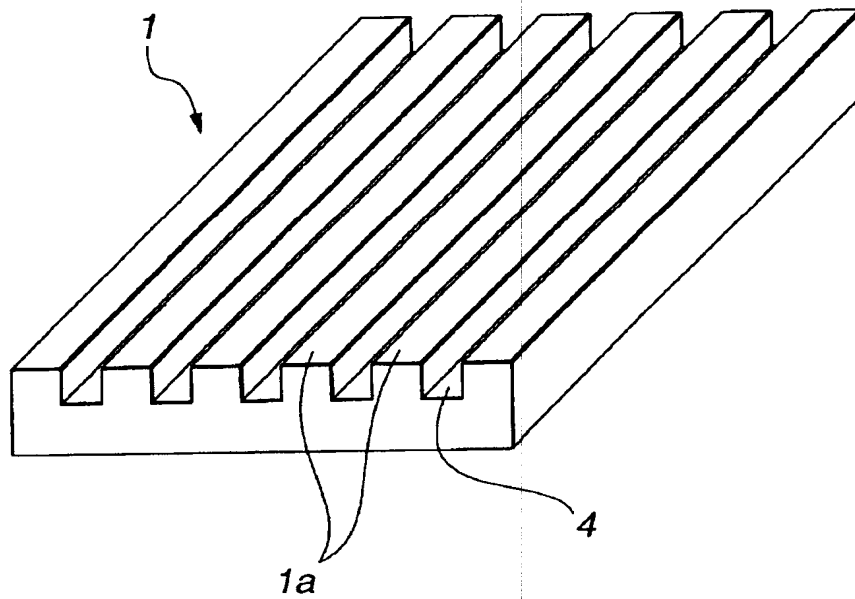
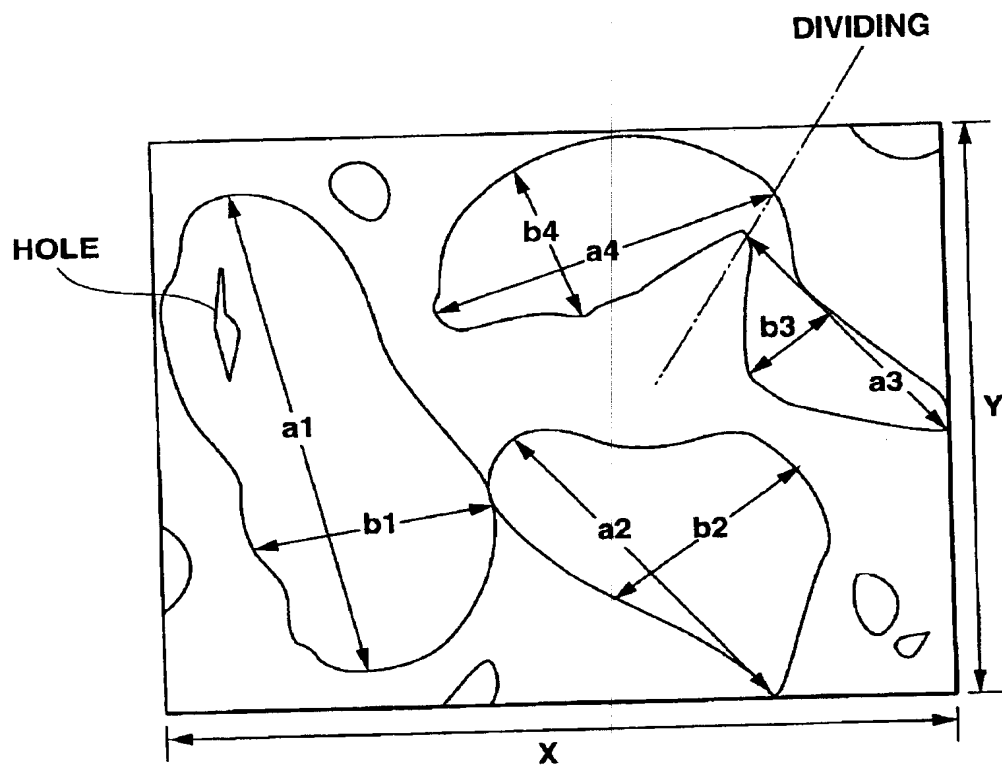


FIG.3



FUEL CELL SEPARATOR, PROCESS FOR PRODUCTION THEREOF, AND POLYMER ELECTROLYTE FUEL CELL

BACKGROUND OF THE INVENTION

[0001] The present invention relates to a fuel cell separator, a process for production thereof, and a polymer electrolyte fuel cell. More particularly, the present invention relates to a fuel cell separator having high elasticity, high electrical conductivity, and good moldability and a process for production thereof. The present invention relates also to a fuel cell having good gas sealing performance and good impact resistance in which all or part of the separators are those which are mentioned above. The fuel cell is suitable for use as a mobile power source for cars, hybrid cars, and small ships.

[0002] A polymer electrolyte fuel cell is composed of tens to hundreds of fuel cells (as unit cells) connected together. Each fuel cell consists of two fuel cell separators 1 and one polymer electrolyte membrane 2 and two gas diffusion electrodes 3 which are held between the separators, each separator having a plurality of ribs 1a on both sides thereof, as shown in FIG. 1.

[0003] The above-mentioned fuel cell separator 1 is a thin platy body having a plurality of ribs 1a on both sides thereof and a plurality of gas feed grooves 7 on one side or both sides thereof, as shown in FIGS. 2A and 2B. The ribs 1a of the separator and the electrode 3 form passages 4' for fuel gas such as hydrogen and oxygen to be supplied and discharged. Therefore, the fuel cell separators are required to have high elasticity and good dimensional accuracy. Moreover, the fuel cell separators and unit fuel cells are required to have good gas seal performance to prevent the leakage of fuel gas, good resistance to cracking by tightening at the time of assembling, and good impact resistance for the fuel cell to be used as a mobile power source for automobiles.

[0004] To meet these requirements, there has been proposed a separator for polymer electrolyte fuel cell in Japanese Patent Laid-open No. Hei 11-297337. This separator is obtained by curing from a homogenous mixture composed of 100 parts by weight of carbonaceous powder and 10 to 100 parts by weight of thermosetting resin. According to this disclosure, the carbonaceous powder is a graphite powder having a maximum particle diameter of 125 μm or below. There has also been disclosed a fuel cell separator in Japanese Patent Publication No. 2000-100453. This separator contains expansible graphite particles having a number-average particle diameter of 25 μm or above, preferably 25 to 500 μm .

[0005] Conventional fuel cell separators are made of a highly filled material which encounters difficulties in injection molding. The disadvantage of the above-mentioned separators containing graphite powder is that the fine graphite powder lowers the fluidity of the molding material, adversely affecting injection moldability and mechanical properties. Flake graphite has such a low bulk density that the material containing it slips on the screw of the injection molding machine, making itself incapable of molding. Graphite with a comparatively high bulk density is easily broken into fine powder at the time of mixing or injection molding.

[0006] Since a unit cell merely produces a low voltage, it is necessary to connect tens to hundreds of unit cells if a practical output (up to hundreds of kW) is to be obtained. Therefore, there is an urgent demand for a technology that permits efficient mass production of fuel cell separators having a uniform shape free of strain and thickness variation.

[0007] Conventional fuel cell separators are made of a composition composed of a thermosetting resin such as phenolic resin, and graphite. This composition is incorporated with a large amount of graphite so that the resulting separator has electrically conductivity as required. Therefore, it lacks fluidity and presents difficulties in injection molding. Actual production of separators is by compression molding, which involves heating at 150 to 160° C. and pressing at 14.7 to 29.4 MPa for 5 to 10 minutes. Compression molding is slow and inefficient for mass production.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0008] The present invention was completed in view of the foregoing. It is an object of the present invention to provide a high-quality fuel cell separator having high elasticity, high electrical conductivity, and good gas impermeability. It is another object of the present invention to provide a process for producing the fuel cell separator, the process being suitable for efficient, mass production. It is another object of the present invention to provide a polymer electrolyte fuel cell having good gas sealing performance and good impact resistance in which the separators are immune to cracking by tightening at the time of assembling.

[0009] In order to achieve the above-mentioned object, the present inventors carried out extensive studies. As the result, it was found that a molding composition easily affords a fuel cell separator having good mechanical strength and high electrical conductivity if it contains a large amount of electrically conductive carbon powder of high bulk density.

[0010] In other words, it was found that the above-mentioned object is achieved by a fuel cell separator having gas supply grooves on one side or both sides thereof which is molded from a composition composed mainly of an electrically conductive carbon powder and a binding agent. According to the present invention, the composition contains 100 parts by mass of the electrically conductive carbon powder and 10 to 50 parts by mass of the binding agent, and the electrically conductive powder is spherical or massive graphite of high bulk density having a mean particle diameter of 100 to 500 μm . The electrically conductive carbon powder is present such that its particles longer than 50 μm at maximum in the major axis direction and longer than 30 μm at maximum in the minor axis direction along the vertical cross section of the fuel cell separator occupy more than 50% of the sectional area in the vertical direction. The fuel cell separator meeting the above-mentioned requirements has high elasticity, high electrical conductivity, and good gas impermeability. A stack of fuel cells in which all or part of the separators in the fuel cells are those which are mentioned above is immune to cracking by tightening at the time of assembling; therefore, it offers good gas seal performance and good impact resistance. It is suitable for use as a portable power source for cars, hybrid cars, and small ships. The above-mentioned finding is the basis of the present invention.

[0011] According to the present invention, the fuel cell separator is molded from a mixture (molding composition) containing 100 parts by mass of electrically conductive powder and 10 to 50 parts by mass of binding agent. This molding composition is suitable for injection molding for economical, efficient, mass production of fuel cell separators which are a thin platy body of peculiar shape having gas supply grooves on one side or both sides thereof.

[0012] The present invention is directed to a fuel cell separator, a process for production thereof, and a polymer electrolyte fuel cell, as explained in the following.

[0013] The first aspect of the present invention covers a fuel cell separator having gas supply grooves on one side or both sides thereof which is molded from a composition composed mainly of an electrically conductive carbon powder and a binding agent, wherein the electrically conductive carbon powder is present such that its particles longer than $50\text{ }\mu\text{m}$ at maximum in the major axis direction and longer than $30\text{ }\mu\text{m}$ at maximum in the minor axis direction along the vertical cross section of the fuel cell separator occupy more than 50% of the sectional area in the vertical direction.

[0014] The second aspect of the present invention covers a fuel cell separator having gas supply grooves on one side or both sides thereof which is molded from a composition composed mainly of an electrically conductive carbon powder and a binding agent, wherein the binding agent is contained in an amount of 10 to 50 parts by mass for 100 parts by mass of the electrically conductive carbon powder and the electrically conductive carbon powder is spherical or massive graphite having a mean particle diameter of 100 to $500\text{ }\mu\text{m}$.

[0015] The third aspect of the present invention covers the fuel cell separator as defined in the second aspect, wherein the spherical or massive graphite has a bulk density higher than 0.6 g/ml .

[0016] The fourth aspect of the present invention covers the fuel cell separator having gas supply grooves on one side or both sides thereof which is molded from a composition composed mainly of an electrically conductive carbon powder and a binding agent as defined in the second or third aspect, wherein the electrically conductive carbon powder is present such that its particles longer than $50\text{ }\mu\text{m}$ at maximum in the major axis direction and longer than $30\text{ }\mu\text{m}$ at maximum in the minor axis direction along the vertical cross section of the fuel cell separator occupy more than 50% of the sectional area in the vertical direction.

[0017] The fifth aspect of the present invention covers the fuel cell separator as defined in any one of the first to fourth aspects, which has a resistivity not higher than $20\text{ m}\Omega\text{-cm}$ measured according to JIS H0602.

[0018] The sixth aspect of the present invention covers a process for producing a fuel cell separator having gas supply grooves on one side or both sides thereof from a composition composed mainly of an electrically conductive carbon powder and a binding agent, wherein the process comprising injection molding a mixture containing 10 to 50 parts by mass of a binding agent for 100 parts by mass of the electrically conductive carbon.

[0019] The seventh aspect of the present invention covers the fuel cell separator as defined in the sixth aspect, wherein

the electrically conductive carbon powder is spherical or bulky graphite having a mean particle diameter of 100 to $500\text{ }\mu\text{m}$, and the spherical or bulky graphite has a bulk density higher than 0.6 g/ml .

[0020] The eighth aspect of the present invention covers a polymer electrolyte fuel cell consisting of a plurality of unit cells connected together, each unit cell consisting of a pair of electrodes holding a polymer electrolyte membrane between them and a pair of separators holding the electrodes between them, the separator having passages molded thereon through which gas is supplied and discharged, characterized in that all or part of the separators in the fuel cells are those which are defined in any one of the first to fifth aspects.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0021] FIG. 1 is a perspective view showing one example of the fuel cell;

[0022] FIG. 2 is a perspective view showing the fuel cell separator pertaining to one embodiment of the present invention; and

[0023] FIG. 3 is a schematic diagram showing the vertical cross section of the separator.

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

[0024] The invention will be described in more detail below. According to the present invention, the fuel cell separator which has gas supply grooves on one side or both sides thereof is formed from a composition composed mainly of an electrically conductive carbon powder and a binding agent. The electrically conductive carbon powder is present such that its particles longer than $50\text{ }\mu\text{m}$ at maximum in the major axis direction and longer than $30\text{ }\mu\text{m}$ at maximum in the minor axis direction along the vertical cross section of the fuel cell separator occupy more than 50% of the sectional area in the vertical direction. Because of these characteristics properties, the fuel cell separator has good mechanical properties, electrical conductivity, and gas impermeability.

[0025] The cross section specified above is noticed when the fuel cell is cut vertical in the thickness direction and the cut surface is observed under a microscope provided with a digital CCD camera ("Axioscope 2" made by Carl Zeiss Co., Ltd.). The fuel cell separator is a flat platy body, measuring 120 mm long, 120 mm wide, and 2.3 mm thick, having gas supply grooves on one side or both sides thereof, as shown in FIGS. 2A and 2B. An example of the microphotograph ($\times 200$) thus obtained is shown in reference photographs 1 and 2. White irregular shapes represent graphite particles. Incidentally, the magnification should preferably be 50 to 500 times, more preferably 50 to 200 times.

[0026] The thus obtained digital microphotograph is examined as follows for irregular graphite particles to estimate their size and their area occupying in the photograph. First, the maximum lengths in the major axis direction and the minor axis direction are measured, and graphite particles are selected which have a maximum length of $50\text{ }\mu\text{m}$ and above in the major axis direction and a maximum length of $30\text{ }\mu\text{m}$ and above in the minor axis direction, as shown in FIG. 3. The approximate area of a graphite particle is

calculated by multiplying the length in the major axis direction by the length in the minor axis direction. It is not always necessary that the maximum length in the major axis direction is the length that passes through the center of a graphite particle. Instead, the longest line across a graphite particle is regarded as the maximum length in the major axis direction. The longest line perpendicular to the maximum line in the major axis direction is regarded as the maximum length in the minor axis direction. A hole may be neglected unless it is large enough to split a graphite particle. In the case of a graphite particle having a very complex shape, it is possible to obtain its area by dividing it into several parts.

[0027] To be more specific, the schematic diagram in FIG. 3 (illustrating the vertical cross section) permits one to calculate the approximate total area (S1) of graphite particles by summing up $(a1 \times b1) + (a2 \times b2) + (a3 \times b3) + (a4 \times b4)$ The ratio of the area occupied by graphite particles is calculated from $(S1/S2) \times 100$, where S1 is the total area occupied by graphite particles and S2 is the area of the vertical cross section (xxy in FIG. 3).

[0028] According to the present invention, the maximum length in the major axis direction in the vertical cross section should be 50 μm or above, preferably 70 μm or above, and the maximum length in the minor axis direction in the vertical cross section should be 30 μm or above, preferably 50 μm or above, and the ratio of the area occupied by graphite particles should be 50% or above, preferably 50 to 80%, more preferably 55 to 75%, and most desirably 60 to 75%. If the ratio of the area occupied by graphite particles is smaller than specified above, the resulting fuel cell separator does not have characteristic properties required. Conversely, if it is larger than specified above, the resulting fuel cell separator has remarkably low mechanical strength.

[0029] The fuel cell separator according to the present invention is formed from a composition composed mainly of (A) an electrically conductive carbon powder and (B) a binding agent.

[0030] The electrically conductive carbon powder as component (A) is either natural one or artificial one, such as carbon black, Ketjen black, acetylene black, carbon whisker, and graphite. They may be used alone or in combination with one another. Of these examples, graphite is particularly preferable.

[0031] The graphite used in the present invention is spherical graphite or massive graphite. Flake graphite is not desirable because it gives such defects as flow marks and weld lines to the molded product, or it causes cracking. In addition, flake graphite has a low bulk density and hence causes the molding composition to slip on the screw of the injection molding machine. The spherical graphite or massive graphite should have a bulk density of 0.6 g/ml or above, preferably 0.7 g/ml or above, more preferably 0.7 to 1.2 g/ml, and most desirably 0.7 to 1.0 g/ml, which is measured according to JIS K6891-1995. With an excessively low bulk density, the graphite causes the above-mentioned troubles and adversely affects the moldability of the molding composition.

[0032] The electrically conductive carbon powder should be one which has a mean particle diameter of 100 to 500 μm , preferably 150 to 450 μm , more preferably 150 to 400 μm . One which is coarser than specified above will make the

molding composition poor in fluidity and presents difficulties in injection molding. Conversely, one which is finer than specified above will have an adverse effect on the mechanical properties or gas impermeability of the separator.

[0033] The binding agent as component (B) above is not specifically restricted. It may be selected from any of the following thermosetting resins and thermoplastic resins. Examples of thermosetting resins include phenolic resin such as resol type or novolak type, furan resin such as furfuryl alcohol resin and furfuryl alcohol phenolic resin, polyimide resin, polycarbodiimide resin, polyacrylonitrile resin, pyrene-phenanthrene resin, polyvinyl chloride resin, epoxy resin, urea resin, diallylphthalate resin, unsaturated polyester resin, and melamine resin. They may be used alone or in combination with one another.

[0034] Examples of thermoplastic resins include styrene resins such as acrylonitrile-butadiene-styrene resin (ABS), acrylonitrile-styrene copolymer (AS), high-impact polystyrene (HIPS), polystyrene (PS), methyl methacrylate-butadiene-styrene copolymer (MBS), methyl methacrylate-styrene copolymer (MS), acrylonitrile-ethylene-propylene rubber-styrene copolymer (AES), and acrylonitrile-styrene-acrylate (AAS), polyolefin resins such as polyethylene (PE), polypropylene (PP), polybutene-1, ethylene-vinyl acetate copolymer (EVA), and ethylene-vinyl alcohol copolymer (EVOH), polyamide resin, thermoplastic polyester resin, polycarbonate resin (PC), wholly aromatic polyester resin, polyphenylene sulfide (PPS), polyvinyl chloride resin (PVC), polysulfone resin, polyether-ether-ketone resin, (modified) polyphenylene ether resin, polyoxymethylene (POM), polymethyl methacrylate (PMMA), fluoroplastic resin, polyketone resin (PK), norbornane, polyamideimide (PAI), and polyphthalamide (PPA). They may be used alone or in combination with one another.

[0035] The binding agent as component (B) should be used in an amount of 10 to 50 parts by mass, preferably 10 to 40 parts by mass, more preferably 15 to 30 parts by mass, for 100 parts by mass of the electrically conductive carbon powder as component (A). If the amount of the binding agent as component (B) is less than specified above, the resulting molding composition is poor in fluidity and presents difficulties in injection molding. Conversely, if it is more than specified above, the molding compound cannot be incorporated sufficiently with the electrically conductive carbon powder and hence the resulting separator is poor in electrical conductivity.

[0036] The molding composition of the fuel cell separator of the present invention may be incorporated with, in addition to the above-mentioned components (A) and (B), optional additives such as fibrous base material, mold release, metal powder, and hydrolysis resisting agent, for improvement in strength, mold releasability, hydrolysis resistance, and electrical conductivity.

[0037] The above-mentioned fibrous base material includes inorganic fiber and organic fiber. Inorganic fiber includes metal fiber such as iron, copper, brass, bronze, aluminum or the like, ceramics fiber, potassium titanate fiber, glass fiber, carbon fiber, rock wool, wollastonite, sepiolite, attapulgite, and artificial mineral fiber. Organic fiber includes aramid fiber, polyimide fiber, polyamide fiber, phenolic fiber, cellulose, and acrylic fiber. They may be used alone or in combination with one another. The fibrous base

material should be used in an amount of 0 to 10 parts by mass for 100 parts by mass of the electrically conductive carbon powder as component (A).

[0038] The above-mentioned mold release is not specifically restricted; it includes silicone-based ones, fluorine-based ones, metallic soap-based ones, amide-based ones, and wax-based ones. Internal mold release agents such as carnauba wax, stearic acid, and montanic acid are preferable. The mold release should be used in an amount of 0 to 3 parts by mass for 100 parts by mass of the electrically conductive carbon powder as component (A).

[0039] The above-mentioned metal powder includes those of stainless steel, gold, silver, copper, platinum, titanium, aluminum, and nickel. The metal powder should be one which has a mean particle diameter of 5 to 30 μm .

[0040] According to the present invention, the fuel cell separator having gas supply grooves on one side or both sides thereof is produced by injection molding from a mixture of 100 parts by mass the electrically conductive carbon powder as component (A) and 10 to 50 parts by mass of the binding agent as component (B). It is desirable that the electrically conductive carbon powder be spherical or massive graphite having a mean particle diameter of 100 to 500 μm and a bulk density of 0.6 g/ml or above.

[0041] The above-mentioned components for the molding composition should be mixed by means of single-screw extruder or twin-screw extruder or general-purpose mixer. The resulting mixture may be pelletized or merely dried. Mixing by means of a mixer is desirable from the standpoint of not breaking the particles of the electrically conductive carbon powder.

[0042] The thus obtained mixture undergoes injection molding. The conditions of injection molding vary depending on the injection molding machine and the kind and amount of the binding agent. The following conditions are usually desirable.

Cylinder temperature:	50 to 100° C. (at front)
Injection pressure:	8 to 20 MPa
Injection time:	5 to 15 seconds
Mold temperature:	140 to 200° C.
Curing time:	15 to 200 seconds

[0043] Injection molding is not an only method of producing the fuel cell separator of the present invention. Other known molding methods that can be used individually or in combination include compression molding, injection-compression molding, transfer molding, extrusion molding, hydrostatic molding, belt pressing, and roll molding.

[0044] Owing to the electrically conductive carbon powder having a high bulk density, the production by injection molding according to the present invention permits stable injection molding with complete filling into the mold. Injection molding permits the production of the fuel cell separator of unique shape having gas supply grooves on one side or both sides thereof, as shown in FIGS. 2A and 2B. Therefore, it is suitable for efficient mass production.

[0045] The fuel cell separator obtained as mentioned above should have a resistivity not higher than 20 m Ω -cm,

preferably not higher than 15 m Ω -cm, more preferably 2 to 15 m Ω -cm, which is measured according to JIS H0602 providing the four point probe method for measuring the resistivity of silicon single crystal and silicon wafer.

[0046] The fuel cell separator of the present invention should have mechanical strength such that a test piece (100 \times 10 \times 4 mm) prepared from the molding composition according to JIS K6911 proving "General test methods for thermosetting plastics" has a flexural strength of 20 to 80 MPa, preferably 25 to 60 MPa, a flexural modulus of 1 to 15 GPa, preferably 2 to 10 GPa, and a strain of 2 to 15 mm, preferably 3 to 12 mm.

[0047] The fuel cell separator of the present invention should have gas permeability such that a specimen (2 mm thick, 100 mm in diameter) prepared from the molding composition according to JIS K7126 providing "Method of evaluating the gas permeability of plastics film" (method B, equal pressure method) has a nitrogen gas permeability at 23° C. not higher than 20 ml/m²·24 hr·atm, preferably 2 to 20 ml/m²·24 hr·atm, and more preferably 5 to 15 ml/m²·24 hr·atm.

[0048] The present invention covers a polymer electrolyte fuel cell consisting of a plurality of unit cells connected together, each unit cell consisting of a pair of electrodes holding a polymer electrolyte membrane between them and a pair of separators holding the electrode between them, the separator having passages molded thereon through which gas is supplied and discharged. This polymer electrolyte fuel cell is characterized in that all or part of the separators in the unit cells are those of the present invention.

[0049] The stack of fuel cells consists of unit cells, each unit cell consisting of a fuel cell and a pair of separators, as shown in FIG. 1. The fuel cell consists of one polymer electrolyte membrane 2 and an electrode 3 for fuel gas and an electrode 3' for oxidizing agent tightly holding the membrane between them. The separators pertain to the present invention. One separator 1 adjacent to the electrode for fuel gas has a plurality of passages 4 and manifolds for fuel gas, and the other separator 1 adjacent to the electrode for oxidizing agent has a plurality of passages 5 and manifolds for oxidizing agent.

[0050] These unit cells are stuck in series and tightened between insulating plates supported by pressing plates. One electrode is supplied with fuel gas and the other electrode is supplied with oxidizing agent gas, so that the stack of fuel cells generates direct current.

[0051] According to the present invention, the stack of fuel cells is characterized in that all or part of separators therein are those which have high elasticity and good gas impermeability as defined above in the present invention. To be more specific, the percentage of the separators of the present invention in all the separators of the stack of fuel cells should be higher than 50%, preferably 50 to 100%, more preferably 70 to 100%, and most desirably 80 to 100%. If this percentage is lower than specified above, the stack of fuel cells will be poor in gas seal performance and impact resistance because the separators are liable to cracking by tightening at the time of assembling. In the case where the separators of the present invention are used partly, the rest may be supplied with conventional separators.

[0052] The above-mentioned polymer electrolyte membrane may be any ordinary one which is used for polymer

electrolyte fuel cell. For example, it may be a proton-conducting ion-exchange membrane made of fluoroplastic resin, such as polytrifluorosulfonic acid and perfluorocarbonsulfonic acid ("Nafion"). The electrolyte membrane is coated with "Nafion 117 solution", which is a paste of a catalyst dispersed in a mixed solvent of water and lower aliphatic alcohol containing perfluorocarbon sulfonic acid. The catalyst is platinum or platinum alloy supported on carbon powder.

[0053] The pair of electrodes holding the polymer electrolyte membrane between them may be formed from carbon paper, carbon felt, or carbon cloth woven from carbon fiber.

[0054] The two electrodes are bonded to both sides of the polymer electrolyte membrane so that they are made into one piece. Bonding may be accomplished by hot-pressing at 120 to 130° C. or with the aid of an adhesive.

[0055] The unified combination of the electrodes and electrolyte membrane is held between a pair of separators in such a way that the separators form passages for fuel gas supply and discharge. Thus there is obtained the unit cell. Firm bonding may be ensured with an adhesive applied to the ribs of the separator in contact with the electrode.

[0056] The polymer electrolyte fuel cell which is constructed according to the present invention is immune to the cracking of separators at the time of assembling, exhibits good gas sealing performance, and high impact resistance. These advantages stem from that fact that all or part (preferably more than 50%) of the separators in the fuel cell are those separators pertaining to the present invention which have high elasticity and good gas impermeability. By virtue of these characteristic properties, the fuel cell is suitable for use as a mobile power source for cars, hybrid cars, and small ships.

[0057] Incidentally, the polymer electrolyte fuel cell according to the present invention will find use not only as a portable power source for cars, hybrid cars, small ships, etc. but also as a power source for local electric supply, domestic use, camping sites, artificial satellites, and space development.

[0058] The present invention permits efficient mass production of fuel cell separators having high elasticity, high electrical conductivity, and good gas impermeability. The polymer electrolyte fuel cell, in which all or part of separators are those pertaining to the present invention, is immune to the cracking of separators at the time of assembling, and exhibits good gas sealing performance and high impact resistance.

EXAMPLES

[0059] The invention will be described in more detail with reference to the following examples and comparative examples, which are not intended to limit the scope thereof. In Table 1, the amount of each component is given in terms of parts by mass. Examples 1 and 2 and Comparative Examples 1 to 4 The components in each example shown in Table 1 were mixed together. After drying, the resulting mixture was injection-molded into a fuel cell separator under the following conditions by using an injection molding machine (100F-45K, made by Matsuda Seisakusho). The fuel cell separator measures 120 mm long, 120 mm wide, and 2.3 mm thick, and has gas supply grooves 7 on both

sides thereof as shown in FIG. 2A. Incidentally, in Comparative Examples 1 and 4, the molding composition was unable to be fed into the cylinder or transferred through the cylinder because of slipping on the screw.

[0060] Molding Conditions:

Cylinder temperature:	65° C. (at front)
Injection pressure:	10 to 15 MPa
Injection time:	5 to 15 seconds
Mold temperature:	160 to 165° C.
Curing time:	90 to 120 seconds

[0061] The thus obtained separator was examined for moldability, gas impermeability, and the ratio of area occupied by graphite particles in the vertical cross section. The results are shown in Table 1. Reference photograph 1 shows the vertical cross section ($\times 200$) of the separator in Example 2. Reference photograph 2 shows the vertical cross section ($\times 200$) of the separator in Comparative Example 2.

[0062] Moldability

[0063] ○: good

[0064] △: fair

[0065] ×: poor

[0066] Gas Impermeability

[0067] A specimen (2 mm thick, 100 mm in diameter) cut out of the separator was tested for N₂ gas permeability (ml/m²·24 hr·atm) at 23° C. according to JIS K7126 providing "Method of evaluating the gas permeability of plastics film" (method B, equal pressure method). The results are rated according to the following criterion.

[0068] ○: less than 20

[0069] △: 20 to 10³

[0070] ×: more than 10³

[0071] Ratio of Area Occupied by Graphite Particles

[0072] An arbitrary vertical cross section (cut in the thickness direction) of the separator was observed under a microscope ($\times 200$) provided with a digital CCD camera ("Axioscope 2" made by Carl Zeiss Co., Ltd.) for calculation of the ratio of area occupied by graphite particles having the maximum length larger than 50 μ m in the major axis direction and the maximum length larger than 30 μ m in the minor axis direction. No data were available in Comparative Examples 1 and 4 because the molding composition was incapable of injection molding. Data in Comparative Examples 2 and 3 are inaccurate because the resulting separators were not uniform in properties.

[0073] Specimens (each measuring 100 \times 100 \times 4 mm) were molded from the molding compositions shown in Table 1. They were tested for flexural strength, flexural modulus, strain, and resistivity. The results are shown in Table 1.

[0074] Flexural Strength, Flexural Modulus, and Strain

[0075] Measured according to JIS K6911 providing the general test methods for thermosetting plastics.

[0076] Resistivity

[0077] Measured according to JIS H0602 (four point probe method for silicon single crystal and silicon wafer).

TABLE 1

	Example No.		Comparative Example No.			
	1	2	1	2	3	4
Graphite A	100	—	—	—	—	—
Graphite B	—	100	—	—	—	—
Graphite C	—	—	100	—	—	—
Graphite D	—	—	—	100	—	—
Graphite E	—	—	—	—	100	—
Graphite F	—	—	—	—	—	100
Phenolic resin *1	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6
Mold release *2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Ratio of area occupied by graphite particles (%)	71	65	—	62	—	—
Gas impermeability	○	○	—	×	×	—
Moldability	○	○	×	△	△	×
Resistivity (mΩ · cm)	12	13	—	18	20	—
Flexural strength (MPa)	42	46	—	39	50	—
Flexural modulus (GPa)	42	40	—	43	49	—
Strain (mm)	0.6	0.6	—	0.7	0.6	—

Graphite A: massive, having a mean particle diameter of 250 to 425 μm and a bulk density of 0.9 g/ml.

Graphite B: massive, having a mean particle diameter of 180 to 250 μm and a bulk density of 0.8 g/ml.

Graphite C: massive, having a mean particle diameter of 60 μm and a bulk density of 0.58 g/ml.

Graphite D: flake, having a mean particle diameter of 425 μm and a bulk density of 0.5 g/ml.

Graphite E: flake, having a mean particle diameter of 30 μm and a bulk density of 0.3 g/ml.

Graphite F: flake, having a mean particle diameter of 10 μm and a bulk density of 0.23 g/ml.

Incidentally, the density of graphite was measured according to JIS K6891-1995.

*1 Resol-type phenolic resin, "PL-4804" from Gun-ei Kagaku Co., Ltd.

*2 Zinc stearate

Example 3

[0078] Polymer Electrolyte Fuel Cell (1)

[0079] In this example, the unit cell is composed of a polymer electrolyte membrane ("Nafion") and a pair of electrodes (carbon paper from Chemics Co., Ltd.) holding the membrane between them. The membrane and electrodes were unified in the usual way. The unified electrode was held between the two separators prepared in Example 1. In this way there was obtained a unit cell having passages for fuel gas supply and discharge. Fifty pieces of the unit cells were assembled into a fuel cell by tightening with bolts and nuts. The separators did not crack at the time of assembling.

[0080] The resulting fuel cell was found to function satisfactorily. It was tested for vibration and shock resistance in anticipation of their use on a car. The separators remained intact after 1000 cycles of vibration and shock.

Example 4

[0081] Polymer Electrolyte Fuel Cell (2)

[0082] In this example, the unit cell is composed of a polymer electrolyte membrane ("Nafion") and a pair of electrodes (carbon paper from Chemics Co., Ltd.) holding the membrane between them. The membrane and electrodes were unified in the usual way. The unified electrode was held between the two separators prepared in Example 2. In this way there was obtained a unit cell having passages for fuel

gas supply and discharge. One hundred pieces of the unit cells were assembled into a fuel cell by tightening with bolts and nuts. The separators did not crack at the time of assembling.

[0083] The resulting fuel cell was found to function satisfactorily. It was tested for vibration and shock resistance in anticipation of their use on a car. The separators remained intact after 1000 cycles of vibration and shock.

1. A fuel cell separator having gas supply grooves on one side or both sides thereof which is molded from a composition composed mainly of an electrically conductive carbon powder and a binding agent, wherein the electrically conductive carbon powder is present such that its particles longer than 50 μm at maximum in the major axis direction and longer than 30 μm at maximum in the minor axis direction along the vertical cross section of the fuel cell separator occupy more than 50% of the sectional area in the vertical direction.

2. A fuel cell separator having gas supply grooves on one side or both sides thereof which is molded from a composition composed mainly of an electrically conductive carbon powder and a binding agent, wherein said binding agent is contained in an amount of 10 to 50 parts by mass for 100 parts by mass of the electrically conductive carbon powder and the electrically conductive carbon powder is spherical or massive graphite having a mean particle diameter of 100 to 500 μm.

3. The fuel cell separator as defined in claim 2, wherein the spherical or massive graphite has a bulk density higher than 0.6 g/ml.

4. The fuel cell separator having gas supply grooves on one side or both sides thereof which is molded from a composition composed mainly of an electrically conductive carbon powder and a binding agent as defined in claim 2 or 3, wherein the electrically conductive carbon powder is present such that its particles longer than 50 μm at maximum in the major axis direction and longer than 30 μm at maximum in the minor axis direction along the vertical cross section of the fuel cell separator occupy more than 50% of the sectional area in the vertical direction.

5. The fuel cell separator as defined in any one of claims 1 to 4, which has a resistivity not higher than 20 mΩ·cm measured according to JIS H0602.

6. A process for producing a fuel cell separator having gas supply grooves on one side or both sides thereof from a composition composed mainly of an electrically conductive carbon powder and a binding agent, wherein said process comprising injection molding a mixture containing 10 to 50 parts by mass of a binding agent for 100 parts by mass of the electrically conductive carbon powder.

7. The fuel cell separator as defined in claim 6, wherein the electrically conductive carbon powder is spherical or massive graphite having a mean particle diameter of 100 to 500 μm, and the spherical or massive graphite having a bulk density higher than 0.6 g/ml is used.

8. A polymer electrolyte fuel cell consisting of a plurality of unit cells connected together, each unit cell consisting of a pair of electrodes holding a polymer electrolyte membrane between them and a pair of separators holding the electrodes between them, said separator having passages molded thereon through which gas is supplied and discharged, characterized in that all or part of the separators in the fuel cells are those which are defined in any one of claims 1 to 5.

* * * * *